

# GAMBARAN KRISTAL HEMOGLOBIN PADA BERCAK DARAH YANG TERPAPAR BEBERAPA ZAT PEMBERSIH LANTAI DOMESTIK BERBAHAN KARBOL

Sherly Nurfadhila  
Enikarmila Asni  
M. Tegar Indrayana  
[sherlyn403@gmail.com](mailto:sherlyn403@gmail.com)

---

## ABSTRACT

*Bloodstains on the floor, clothes and on the weapon used for crime are most likely to be cleaned of by the criminal as part of the attempt to vanish the evidence. Abolition of the bloodstains on the floor can use carbolic floor cleaner. Carbolic floor cleaner contamination on bloodstains may affect the result of bloodstains identification using Teichmann and Takayama tests. The purpose of this research were to know the description of hemoglobin crystal as a result of Teichmann and Takayama test on bloodstains exposed by carbolic floor cleaner. This descriptive research was done at Biochemical Laboratory of Medical Faculty Riau University. Eight carbolic floor cleaner solutions were used in this research. Each carbolic floor cleaner were wiped on each slide using a tissue, then Teichmann and Takayama test were done on each slide. The results of this study shows that the bloodstains exposed by carbolic floor cleaner will still form hemin crystals in Teichmann test and hemokromogen crystal in Takayama test. This research emerged allegations that carbol exposure was not able to inhibit the formation of hemoglobin crystals and does not damage the heme structure of hemoglobin.*

**Keywords :** *bloodstain, carbolic acid, Teichmann test, Takayama test*

## PENDAHULUAN

Bercak darah merupakan suatu tetesan darah yang mengenai suatu permukaan dan mengalami proses pengeringan serta perubahan warna seiring dengan berjalannya waktu.<sup>1</sup> Dalam bidang forensik, bercak darah dapat dijadikan barang bukti pendukung pemecahan kasus perkara secara ilmiah. Tes laboratorium forensik dalam penentuan bercak darah terdiri dari beberapa tahap yaitu tes presumtif, tes konfirmasi dan pemeriksaan lanjutan.<sup>2</sup>

Tes presumtif merupakan tes yang bertujuan untuk mendeteksi bercak darah di tempat kejadian perkara dengan melihat perubahan warna hasil reaksi hemoglobin dengan reagen seperti *luminol*. Namun karena spesifitas yang rendah, maka tes konfirmasi perlu dilakukan untuk memastikan bercak tersebut merupakan bercak darah. Tes konfirmasi diantaranya ialah tes Teichmann dan tes Takayama yang berguna untuk melihat adanya pembentukan kristal hemoglobin yang merupakan hasil reaksi dari hemoglobin dalam darah dengan

reagen tes Teichmann dan tes Takayama. Kekurangan dari tes Teichmann dan tes Takayama ialah tidak mampu menentukan spesies asal bercak darah tersebut, oleh karena itu pemeriksaan lanjutan dibutuhkan untuk menentukan bercak darah tersebut merupakan darah manusia atau bukan, salah satunya ialah menggunakan tes presipitin.<sup>3-4</sup>

Bercak darah dapat ditemukan pada objek-objek seperti meja, kursi, lantai, pakaian, karpet maupun senjata. Usaha penghapusan barang bukti oleh pelaku berupa bercak darah yang menempel di lantai dapat menggunakan pembersih lantai berbahan karbol. Asam karbol atau fenol ialah senyawa organik yang mengandung satu gugus hidroksil atau lebih yang melekat pada cincin karbon atau cincin aromatik.<sup>5</sup> Pembersih lantai berbahan karbol dipergunakan sebagai zat pembersih untuk membunuh kuman dan menghilangkan bau tidak sedap.

Penelitian mengenai bercak darah telah banyak dilakukan, seperti identifikasi efek dari usaha pembersihan bercak darah oleh pelaku menggunakan zat pembersih terhadap hasil tes presumtif oleh Thomas (2005) dan Creamer (2005). Pada penelitian Thomas disimpulkan bahwa penggunaan reagen luminol memberikan hasil visual terbaik pada bercak darah yang tersamarkan oleh pencucian dengan sabun cuci baju. Penelitian oleh Creamer yang juga menggunakan reagen luminol menunjukkan bercak darah pada lempeng keramik yang dihapus menggunakan *paper towel* yang sebelumnya telah direndam dalam cairan pembersih ternyata memberikan hasil visual yang semakin jelas, namun pada pencucian dengan air memberikan hasil visual

yang semakin tidak adekuat seiring dengan peningkatan jumlah pencucian.<sup>6,7</sup> Di Universitas Riau sendiri penelitian mengenai bercak darah salah satunya oleh Afdanil (2014) yang menjelaskan hasil pengamatannya tentang perubahan warna bercak darah manusia dengan kadar hemoglobin di bawah normal terjadi pada jam ke-1 sampai jam ke-6.<sup>8</sup>

Belum ditemukannya hasil penelitian mengenai tes konfirmasi Teichmann dan Takayama pada bercak darah yang terpapar zat karbol akibat proses usaha penghapusan barang bukti, mendorong peneliti untuk melakukan penelitian mengenai gambaran pembentukan kristal hemoglobin pada bercak darah yang terpapar zat karbol.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif laboratorik rancangan pengambilan data secara *cross sectional* yang dilakukan untuk mengetahui gambaran pembentukan kristal hemoglobin hasil tes Teichmann dan tes Takayama pada bercak darah yang terpapar zat karbol. Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Riau. Penelitian ini dilakukan pada 24-25 Desember 2014. Objek dalam penelitian ini adalah bercak darah dari darah pembuluh vena yang akan dipaparkan dengan zat pembersih lantai berbahan karbol. Sediaan bercak darah akan dibuat dari 0,1 ml darah yang ditempatkan di atas *object glass* lalu dibiarkan mengering dalam waktu 1 jam. Sediaan akan dilakukan pengusapan beberapa cairan karbol yang berbeda tiap sediaan

menggunakan tisu dapur, selanjutnya dilakukan tes Teichmann dan tes Takayama. Hasil penelitian akan dituangkan dalam bentuk tabel disertai gambar hasil pengamatan mikroskopis yang akan dijelaskan dalam bentuk narasi mengenai gambaran kristal hemoglobin yang terbentuk pada tes Teichmann dan tes Takayama pada bercak darah yang terpapar karbol.

Penelitian ini telah dinyatakan lulus kaji etik oleh Unit Etik Fakultas Kedokteran Universitas Riau berdasarkan Surat Keterangan Lolos Kaji Etik nomor: 139/UN19.1.28/UEPKK/2014.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

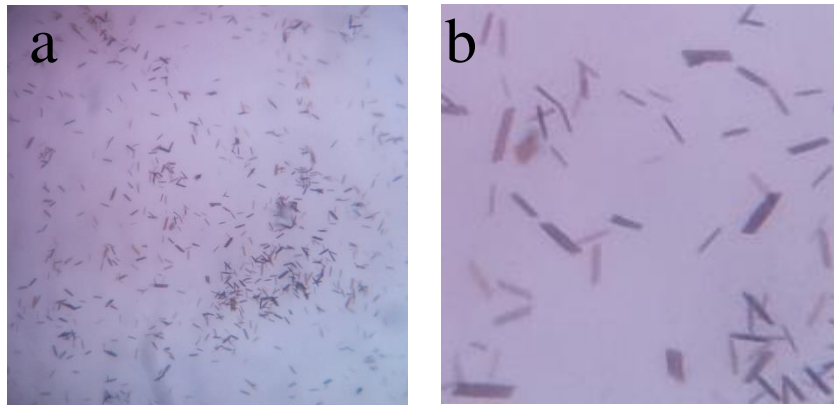
Hasil pemeriksaan pembentukan kristal hemoglobin pada bercak darah yang terpapar beberapa zat karbol menunjukkan hasil

positif pada semua percobaan dengan kedua metode tes Teichmann dan Takayama seperti yang dapat dilihat di tabel 1. Hasil positif pada tes Teichmann didapatkan dari gambaran kristal berbentuk jajar genjang berwarna kecoklatan yang dilihat dengan perbesaran 40x dibawah mikroskop yang dapat dilihat pada gambar 4.1-8. Hasil positif pada tes Takayama didapatkan dari gambaran kristal berbentuk jarum berwarna merah muda yang dilihat dengan perbesaran 40x dibawah mikroskop yang dapat dilihat pada gambar 4.9-16.

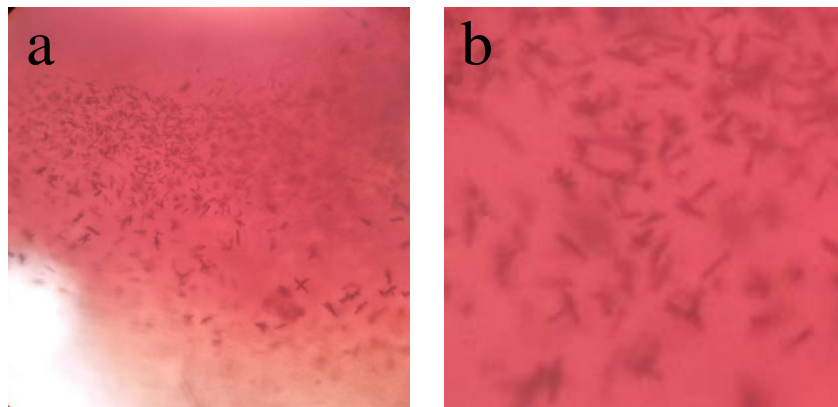
Hasil positif yang muncul pada seluruh pemeriksaan menunjukkan bahwa bercak darah yang telah terpapar oleh beberapa zat pembersih lantai berbahan karbol akan tetap membentuk kristal hemin pada tes Teichmann dan juga akan tetap terbentuk kristal hemokromogen pada tes Takayama.

Tabel 1 : Hasil pemeriksaan kristal hemoglobin pada bercak darah yang terpapar beberapa zat karbol

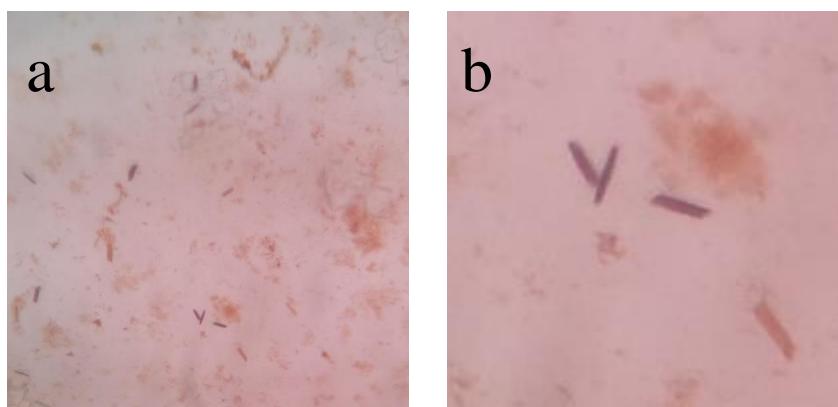
Zat paparan	Percobaan ke-	Hasil	
		Tes Teichmann	Tes Takayama
1	I	+	+
	II	+	+
2	I	+	+
	II	+	+
3	I	+	+
	II	+	+
4	I	+	+
	II	+	+
5	I	+	+
	II	+	+
6	I	+	+
	II	+	+
7	I	+	+
	II	+	+
8	I	+	+
	II	+	+



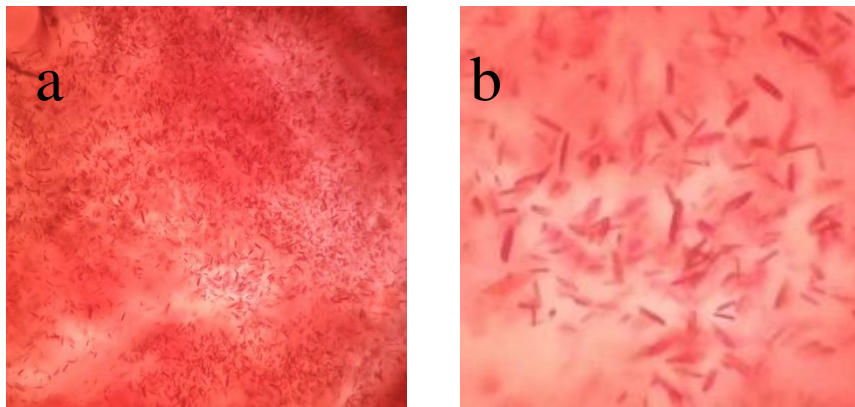
Gambar 4.1 : Hasil pemeriksaan kristal hemin zat paparan 1. (a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x



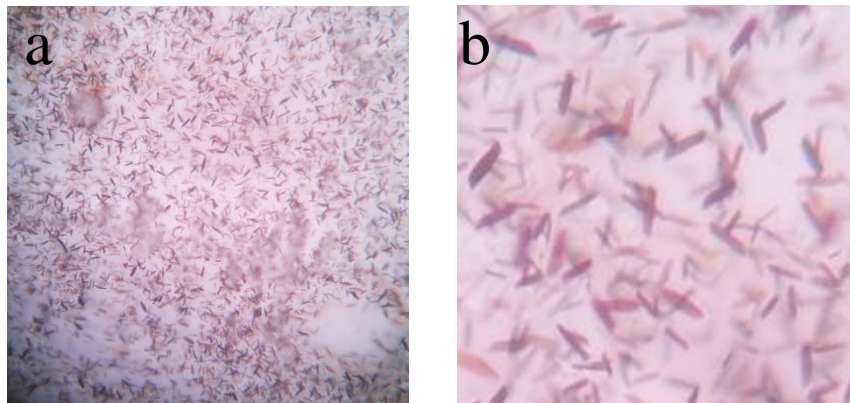
Gambar 4.2 : Hasil pemeriksaan kristal hemin zat paparan 2. (a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x



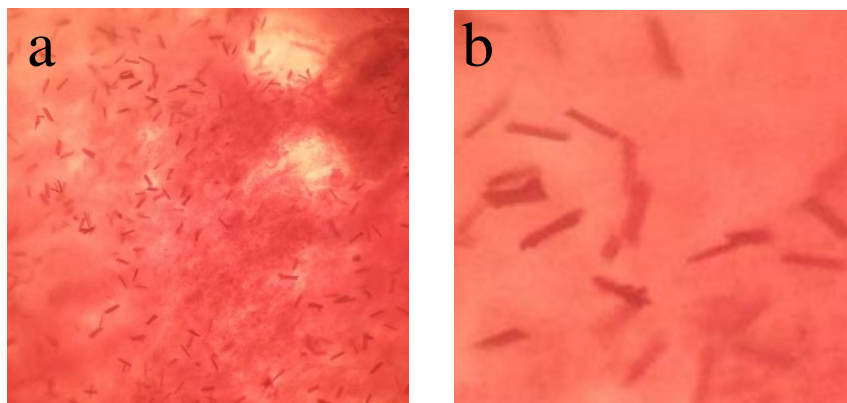
Gambar 4.3 : Hasil pemeriksaan kristal hemin zat paparan 3. (a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x



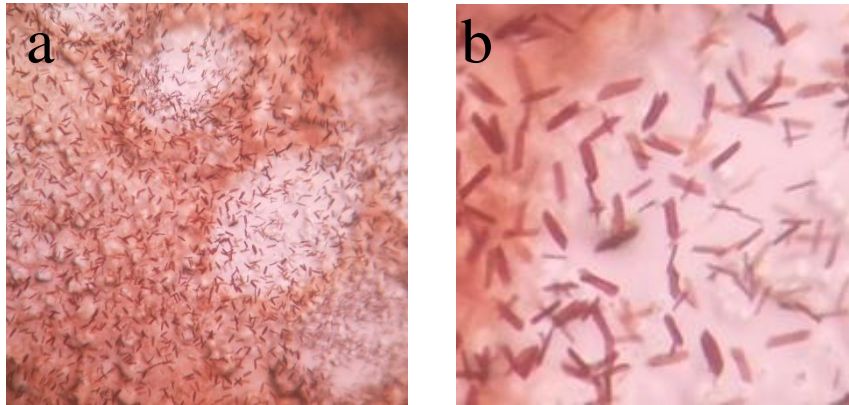
Gambar 4.4 : Hasil pemeriksaan kristal hemin zat paparan 4. (a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x



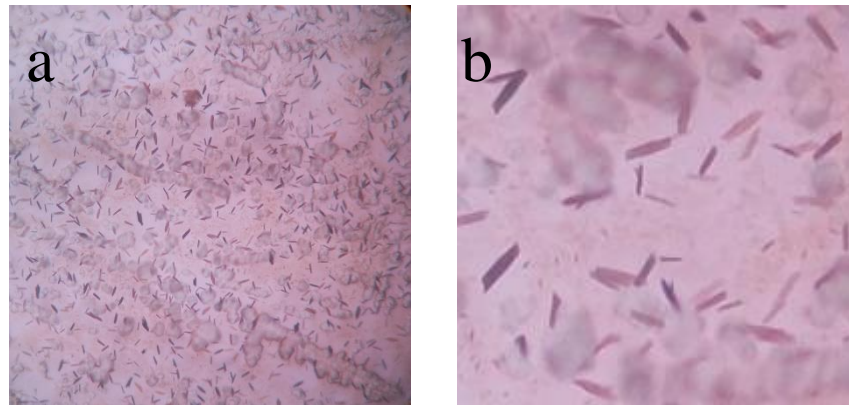
Gambar 4.5 : Hasil pemeriksaan kristal hemin zat paparan 5. (a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x



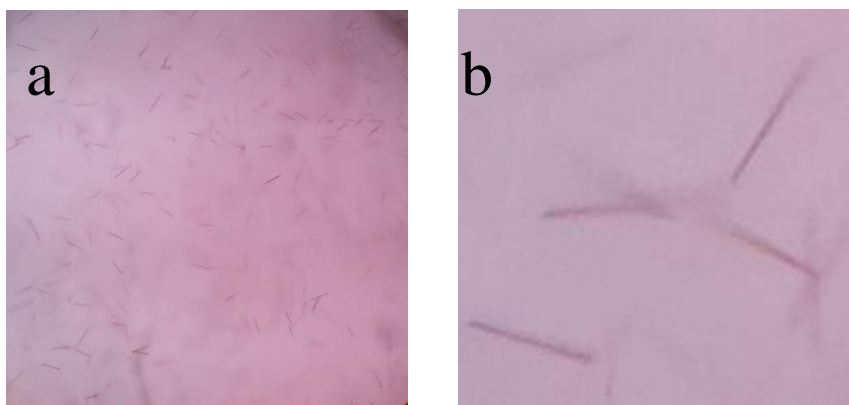
Gambar 4.6 : Hasil pemeriksaan kristal hemin zat paparan 6. (a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x



Gambar 4.7 : Hasil pemeriksaan kristal hemin zat paparan 7. (a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x

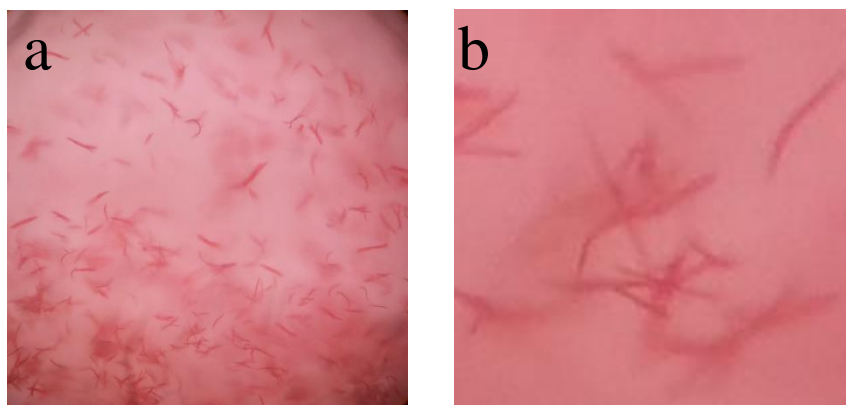


Gambar 4.8 : Hasil pemeriksaan kristal hemin zat paparan 8. (a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x



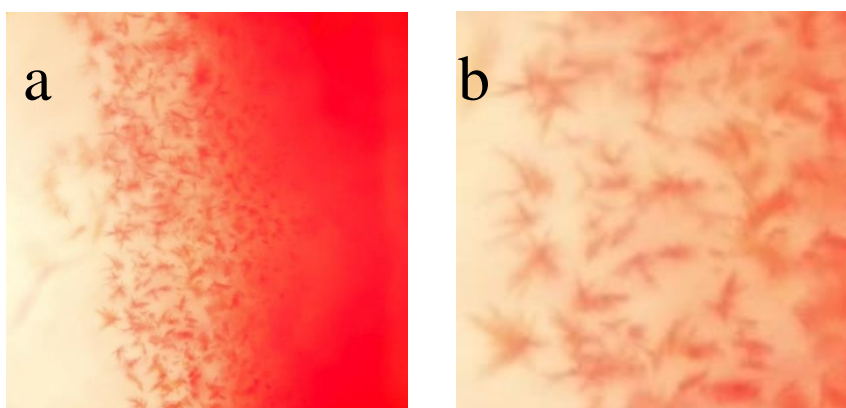
Gambar 4.9 : Hasil pemeriksaan kristal hemokromogen zat paparan 1. (a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x





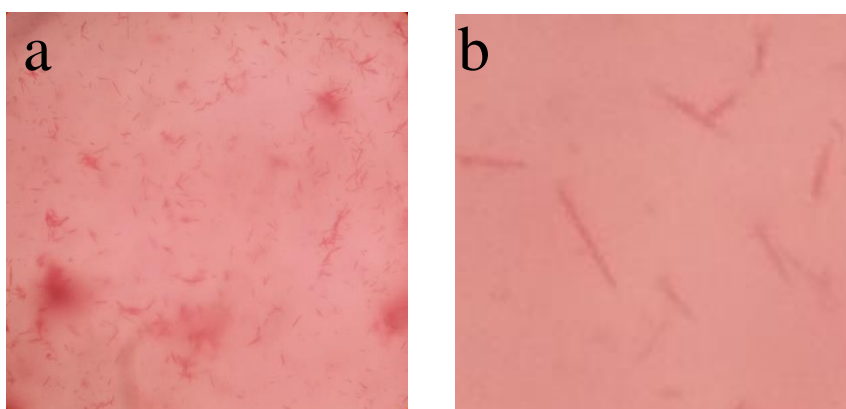
Gambar 4.10 : Hasil pemeriksaan kristal hemokromogen zat paparan 2.

(a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x



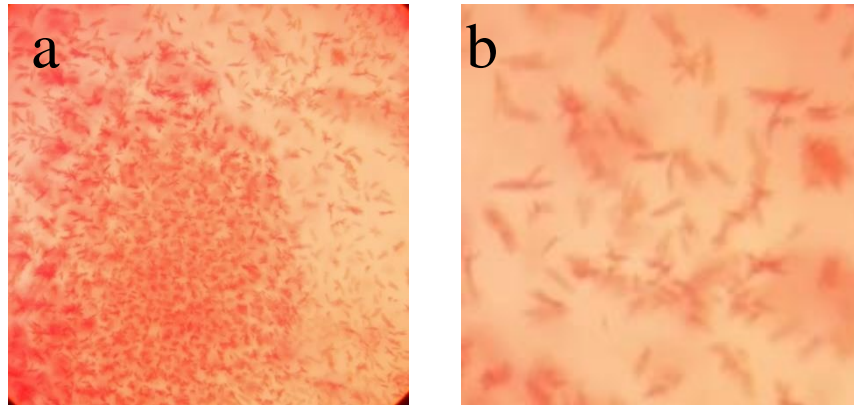
Gambar 4.11 : Hasil pemeriksaan kristal hemokromogen zat paparan 3.

(a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x



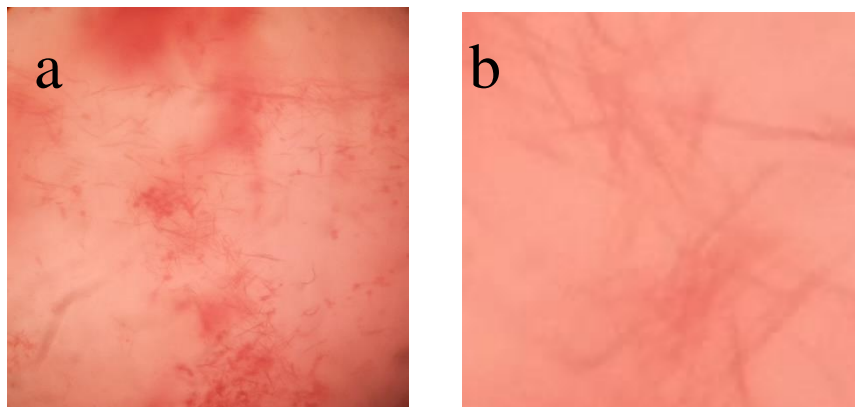
Gambar 4.12 : Hasil pemeriksaan kristal hemokromogen zat paparan 4.

(a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x



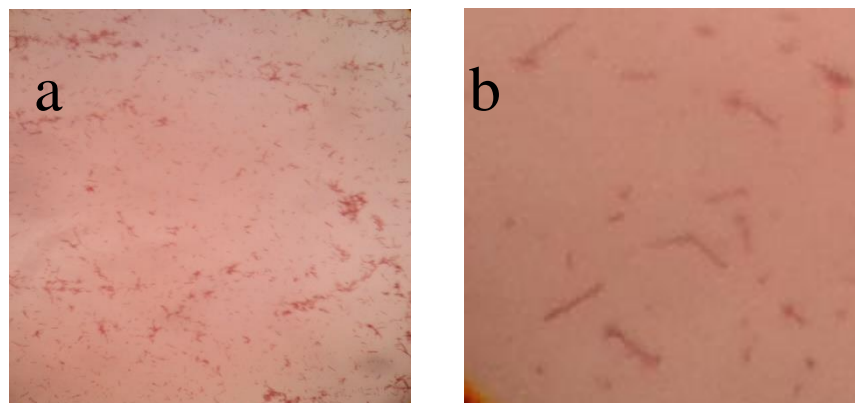
Gambar 4.13 : Hasil pemeriksaan kristal hemokromogen zat paparan 5.

(a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x



Gambar 4.14 : Hasil pemeriksaan kristal hemokromogen zat paparan 6.

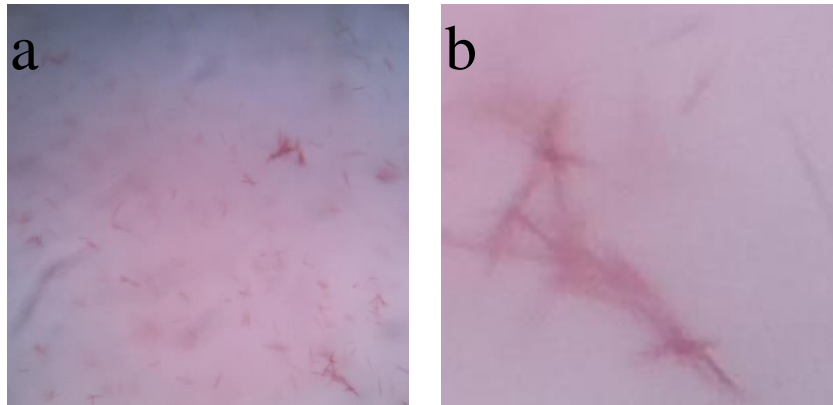
(a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x



Gambar 4.15 : Hasil pemeriksaan kristal hemokromogen zat paparan 7.

(a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x





Gambar 4.16 : Hasil pemeriksaan kristal hemokromogen zat paparan 8.

(a) mikroskop perbesaran 400x, (b) gambar a perbesaran 150x

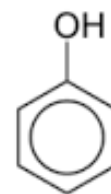
Penelitian ini adalah penelitian laboratorik dengan desain penelitian deskriptif yang memiliki tujuan untuk melihat gambaran pembentukan kristal hemoglobin pada bercak darah yang terpapar beberapa zat pembersih lantai domestik berbahan karbol menggunakan tes Teichmann dan tes Takayama dalam pemeriksaan bercak darah laboratorium forensik.

Heme merupakan komponen utama yang akan bereaksi dengan reagen tes konfirmasi. Gambaran struktur kimia heme merupakan senyawa kromoprotein yang terbentuk dari ikatan kovalen koordinasi. Ikatan kovalen merupakan ikatan kimia yang kuat, atomnya tidak dapat dipisahkan tanpa adanya reaksi kimia.<sup>33</sup>

Hasil negatif dari pemeriksaan tes Teichmann maupun Takayama mungkin akan muncul jika struktur heme rusak atau ada zat yang menghambat terjadinya reaksi pembentukan kristal hemoglobin. Gugus heme dapat rusak jika diberikan energi lain yang lebih kuat dari gaya tarik menarik antar molekul gugus heme untuk mengganggu

kestabilan ikatan antar molekulnya. Kemungkinan faktor-faktor yang dapat berperan untuk memberikan energi yang dapat merusak gugus heme tersebut diantaranya kandungan enzim, kalor, dan pH dari paparan zat pembersih yang digunakan dalam proses penghapusan barang bukti.

Fenol yang merupakan bahan aktif pada zat paparan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki rumus kimia  $C_6H_5OH$  (Gambar 5.1) yaitu senyawanya memiliki gugus hidroksil langsung yang terikat pada inti benzena. Senyawa ini memiliki sifat asam lemah, mudah dioksidasi, dan mempunyai sifat antiseptik. Penelitian ini belum pernah dilakukan oleh pihak lain sehingga hasilnya belum dapat dibandingkan dengan penelitian lain.

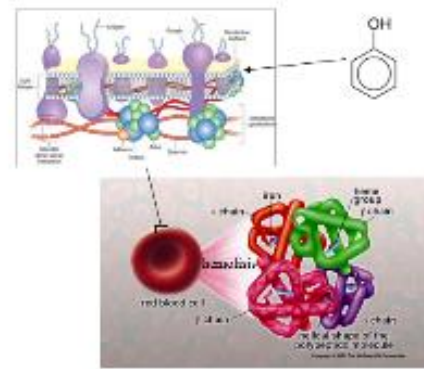


Gambar 5.1 Struktur kimia fenol<sup>34</sup>

### 5.1 Gambaran pembentukan kristal hemoglobin yang terpapar beberapa jenis pembersih lantai berbahan karbol dengan tes Teichmann

Tes Teichmann merupakan salah satu tes konfirmasi bercak darah pada pemeriksaan labor forensik. Prinsip tes ini ialah memanaskan bercak darah pada suhu 65°C yang direaksikan dengan asam asetat glasial dan *chloride* untuk membentuk derivat heman yang disebut kristal hemin.<sup>25</sup> Sedangkan bahan karbol atau fenol pada pembersih lantai merupakan zat aktif yang bekerja sebagai desinfektan dengan merusak membran lipid pada membran plasma mikroorganisme.<sup>22</sup> Serupa dengan membran mikroorganisme, eritrosit mengandung lipid pada membrannya.<sup>9</sup>

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, semua bercak darah yang telah terpapar beberapa zat pembersih lantai berbahan karbol akan tetap membentuk kristal hemin pada tes Teichmann. Kemungkinan hal ini dapat terjadi karena karbol yang dipaparkan pada bercak darah akan merusak lipid pada membran eritrosit yang menyebabkan terjadinya hemolisis dan hemoglobin akan keluar dari dalam sel eritrosit ke lingkungan sekitar (Gambar 5.2). Hal ini justru akan memudahkan pertemuan heme pada hemoglobin yang sudah tersebar dilingkungan luar dengan reagen tes Teichmann untuk membentuk kristal hemin.



Gambar 5.2 *site of action* fenol<sup>14,34,35</sup>

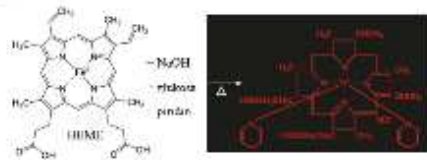
Globin pada darah memiliki sifat yang mudah larut dalam suasana asam maupun basa.<sup>33</sup> Kondisi pH basa yang diberikan oleh pembersih lantai berbahan karbol pada pemaparan akan membuat globin terlarut, sehingga hemoglobin terpisah menjadi globin dan *ferroheme*. Dengan prinsip yang sama, reaksi ini memang diharapkan dari pemberian reagen Teichmann, perbedaannya terletak dari reagen Teichmann yang bersifat asam. Kemungkinan dengan kondisi *ferroheme* yang sudah terpisah, reagen Teichmann yang diberikan akan lebih mudah bereaksi membentuk kristal hemin atau *ferroprotophyrin chloride* (Gambar 5.3). Ikatan kimia yang mungkin terbentuk pada kristal hemin ialah ikatan ionik, yaitu terjadinya ikatan antara Fe yang teroksidasi dengan klorida. Ikatan ionik ialah ikatan kimia kuat dan memiliki titik didih dan cair yang tinggi.<sup>33</sup> Hal ini dapat dilihat pada hasil penelitian yang muncul pada seluruh slide percobaan menunjukkan hasil positif dengan gambaran kristal hemin yang jelas.



Gambar 5.3 reaksi pembentukan kristal hemin<sup>25,35</sup>

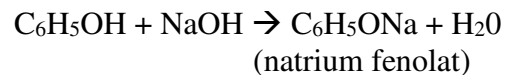
## 5.2 Gambaran pembentukan kristal hemoglobin yang terpapar beberapa jenis pembersih lantai berbahan karbol dengan tes Takayama

Tes Takayama juga merupakan salah satu tes konfirmasi labor forensik selain tes Teichmann, perbedaannya terletak pada reagen yang digunakan pada Takayama bersifat basa. Prinsip tes nya ialah jika heme dipanaskan secara perlahan bersama pyridine dalam kondisi alkali dengan pemberian glukosa akan membentuk kristal hemokromogen (Gambar 5.4).<sup>25</sup>



Gambar 5.4 reaksi pembentukan kristal hemokromogen<sup>25,35</sup>

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, kemungkinan bercak darah yang terpapar karbol eritrositnya akan mengalami hemolisis sehingga hemoglobinnya tersebar dilingkungan luar dan memudahkan kontak dengan reagen Takayama untuk membentuk kristal hemokromogen. Selain itu fenol yang ada tidak berusaha merusak struktur heme, fenol akan bereaksi dengan NaOH pada reagen Takayama karena sifat atom H pada fenol yang dapat diganti dengan logam seperti alkohol juga dengan basa menjadi fenolat.<sup>33</sup>



Sama halnya dengan kristal hemin, ikatan kimia pada kristal hemokromogen ialah ikatan ionik karena adanya transfer elektron Fe dengan reagen Takayama. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil positif pada semua slide percobaan dengan gambaran terbentuknya kristal berbentuk jarum berwarna merah muda. Pada beberapa slide bercak darah, gambaran kristal hemokromogennya terlihat berukuran lebih tebal menyerupai kristal hemin, hal ini disebabkan karena kristal yang terbentuk menumpuk dan kurang tersebar, bukan karena adanya perubahan bentuk kristal hemokromogen yang terjadi dari hasil reaksi.

Ditinjau dari reaksi kimia yang mungkin terjadi, paparan zat pembersih lantai berbahan karbol yang diberikan pada percobaan kali ini kemungkinan tidak mampu untuk merusak struktur kimia gugus heme maupun menghambat reaksi yang terjadi saat pemberian reagen tes Teichmann dan Takayama pada bercak darah objek penelitian.

Penelitian ini mempunyai beberapa keterbatasan, diantaranya mengenai senyawa karbol yang ada pada produk pembersih lantai yang digunakan tidak diketahui konsentrasinya dengan pasti karena tidak dicantumkan di kemasan produk. Senyawa karbol merupakan suatu senyawa asam lemah, akan tetapi produk pembersih lantai berbahan karbol bersifat basa, hal ini dapat terjadi karena parcampuran zat lain dalam pembuatan produk itu sendiri. Maka dari itu penelitian ini hanya bisa menggambarkan pengaruh pH basa dan efek kerja merusak

membran lipid suatu sel oleh pembersih lantai berbahan karbol pada pembentukan kristal hemoglobin. Penelitian ini tidak bisa menghasilkan dugaan efek senyawa karbol secara khusus terhadap pembentukan kristal hemoglobin pada tes Teichmann dan Takayama.

Pemilihan produk dilakukan terbatas dari produk yang dijual di supermarket besar dan memiliki karakteristik fisik cairan yang berbeda (lampiran 1). Produk A memiliki karakteristik cairan kental berwarna putih pekat atau keruh. Cairan produk B adalah yang paling kental diantara produk lainnya, saat tisu dicelupkan pada cairan produk B lalu diangkat, bentuknya terlihat menyerupai lendir, sedangkan warnanya berwarna putih keruh. Produk C berbentuk cair berwarna kekuningan. Produk D berbentuk cair berwarna putih keruh.

Hasil penelitian ini dilihat menggunakan mikroskop yang ada di laboratorium biokimia dengan perbesaran 400x. Dengan keterbatasan alat, maka pendokumentasian hasil dilakukan menggunakan kamera ponsel 8 MP, sehingga pada pemotretan kristal hemokromogen yang berbentuk jarum terlihat kurang jelas.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan:

- a. Hasil pemeriksaan bercak darah yang terpapar beberapa zat pembersih lantai berbahan karbol dengan metode tes Teichmann memberikan hasil positif pada seluruh percobaan.
- b. Hasil pemeriksaan bercak darah yang terpapar beberapa zat pembersih lantai berbahan karbol dengan metode tes Takayama

memberikan hasil positif pada seluruh percobaan.

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut:

- a. Hasil penelitian digunakan sebagai database acuan penerapan pemeriksaan bercak darah menggunakan tes Teichmann dan tes Takayama.
- b. Dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan konsentrasi zat karbol yang ditentukan lalu dianalisis banyaknya kristal hemoglobin yang terbentuk.
- c. Perlu dilakukan penelitian dengan jenis media yang berbeda agar memberikan hasil yang lebih bermakna.
- d. Perlunya penggunaan mikroskop yang mempunyai kualitas menghasilkan gambaran yang lebih jelas dan tajam oleh peneliti lain yang membutuhkan mikroskop dalam penelitiannya.
- e. Setelah dilakukan penelitian lanjutan yang lebih spesifik mengenai konsentrasi karbol dan jenis media penelitian, tes Teichmann dan tes Takayama dapat digunakan sebagai tes konfirmasi labor forensik pada bercak darah yang sudah mengalami proses pemaparan zat karbol akibat dari upaya penghapusan barang bukti.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada pihak Fakultas Universitas Riau, dr. Enikarmila Asni, M.Biomed, M.MedEd dan dr. M. Tegar Indrayana, SpF selaku Pembimbing, dr. Ismawati, M.Biomed dan dr. M. Yulis Hamidy, M.Kes, M.PdKed selaku dosen penguji, beserta dr. Huriatul Masdar, M.Sc selaku

supervisi yang telah memberikan waktu, pikiran, bimbingan, ilmu, motivasi dan dorongan kepada penulis selama penyusunan skripsi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Bremmer RH, Briun KG, Gemert MJC, Leeuwen TGV, Aalders MCG. Forensic quest for age determination of bloodstains. Netherlands; Forensic Science International. 2011. hal.1–9
2. Kubic T, Petraco N. Bloodstain pattern geometry. In : Forensic Science Laboratory Experiment Manual and Workbook. New York: CRC Press; 2003. p.153-160.
3. Castro DM, Coyle HM. Review: Biological evidence collection and forensic blood identification. University of New Haven. 2011. p.11-2.
4. Blood detection by chemical method [database on the Internet]. Christchurch: New Zealand Institute of Chemistry; c2005-2008 – [cited 2014 Nov 10] Available from: <http://nzic.org.nz/ChemProcesses/biotech/12A.pdf>
5. Kamus Kedokteran Dorland. 29<sup>th</sup> Ed. Jakarta: EGC; 2006.
6. Adair TW, Rebecca LS. Enhancement of bloodstains on washed clothing using luminol and LCV reagents. IABPA News. 2005.
7. Creamer JI, Quickenden TI, Crichton LB, Robertson P, Ruhayel RA. Attempted cleaning of bloodstains and its effect on the forensic luminol test. John Wiley & Sons. 2005.
8. Afdanil F. Perubahan warna bercak darah pada manusia dewasa dengan kadar hemoglobin di bawah normal berdasarkan kartu standar warna Natural Color System (NCS) [skripsi]. Pekanbaru: Universitas Riau; 2014.
9. Sudoyo, Aru W, Setiyohadi B, Alwi I, Simadibrata M, Setiati S. Buku ajar ilmu penyakit dalam. Jilid III Edisi V. Jakarta: Interna Publishing; 2009: hal.1105-8.
10. Ganong, WF. Buku ajar fisiologi kedokteran. Ed 17. Jakarta : EGC; 1999. hal.516-520.
11. Pearce, E. Anatomi & fisiologi untuk paramedik. Jakarta : PT.Gramedia pustaka utama;2009
12. Murray, RK, Granner DK, Rodwell VW. Harper's illustrated biochemistry. 26<sup>th</sup> ed. USA : McGraw-Hill Companies. 2003. p.40-47.
13. Blood physiology – hematocrit, hemoglobin – identification, spectroscopy, crystallographic method (teichmann crystals) [database on the Internet]. Rumania: Departement of functional sciences – [cited 2014 31 October] Available from: [http://www.fiziologie.ro/engleza/2012/Practical\\_2\\_blood.pdf](http://www.fiziologie.ro/engleza/2012/Practical_2_blood.pdf)
14. Thalassemia.com [homepage on the Internet]. California: Northern California Comprehensive Thalassemia Center; c2003-2012 [cited 2014 Nov 04]. Available from: <http://thalassemia.com/what-is-thal-alpha.aspx#gsc.tab=0>
15. Wirya, EI. Hubungan olahraga rutin dengan kadar hemoglobin darah [skripsi]. Medan: Universitas Sumatera Utara; 2013.
16. Patrick, GL. Organic chemistry. London: Bios scientific. 2004.



17. Hart H, Leslie EC, David JH. Kimia orgaik, suatu kuliah singkat. Jakarta: Erlangga; 2003.
18. Rustamsjah. Rekayasa biodegradasi fenol oleh *Pseudomonas Aeruginosa* [dissertation]. ITB; 2006.
19. Siswandono. Kimia medisinal. Surabaya: Airlangga University Press; 1995. hal.249-250.
20. Fazlara A, Ekhtelat M. The disinfectant effects of benzalkonium chloride on some important foodborne pathogens. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environment Scientifique*. 2012. p.23-29.
21. Brewer, C. Variations in phenol coefficient determinations of certain disinfectants. *American Journal of Public Health*. 2010. p.261.
22. Denyer SP, Stewart GSAB. Mechanisms of action of disinfectants. *International biodeterioration & biodegradation*. 1998. p 261-268
23. Russell, AD. Mechanisms of antimicrobial action of antiseptics and disinfectants: an increasingly important area of investigation. *Journal of antimicrobial chemotherapy*. 2002. p 597
24. Geffrides L, Welch K. The Forensic laboratory handbook procedures and practice: forensic biology: serology and DNA. Springer science+business media; 2011. p.24-5.
25. James SH, Kish PE, Sutton TP. Principles of bloodstain pattern analysis: theory and practice. Taylor & francis group. 2005. p.361-4.
26. Veeraraghavan V, Lekuse S. Forensic science laboratory practice and procedure . p.218-34
27. Stuart HJ, Paul K, Pauletten S. Principle of bloodstain analysis theory and practical aspect of criminal and forensic investigation series. CRC press. 2005. p 350-64.
28. Quickedon, C. Increasing the spesificy of the forensic luminol test for blood. *The journal of biological and chemical luminescence*; 2011. p. 251-53.
29. Sherwood L. Fisiologi manusia dari sel ke system. 6<sup>th</sup> ed. Jakarta : EGC; 2011. hal. 421-33.
30. Idries AM. Pedoman ilmu kedokteran forensik. Tangerang: Binarupa aksara publisher; 1997. hal.303-308.
31. Morgan SL, Myrick ML. Rapid visualization of biological fluids at crime scenes using optical spectroscopy. *National institute of justice award*. 2007. p 5-8.
32. Gaensslen, RE. Sourcebook in forensic serology, immunology, and Biochemistry. Available from : [https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/p\\_r/160880\\_unit\\_2.pdf](https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/p_r/160880_unit_2.pdf)
33. Sumardjo D. Pengantar kimia buku panduan kuliah mahasiswa kedokteran. Jakarta : EGC;2009. hal. 176-7.
34. OMLC.org [homepage on the Internet]. Portland: A collaboration of Oregon Health & Science University, Portland State University, and the Oregon Institute of Technolog; c2014 [cited 2015 Jan 27]. Available from: <http://omlc.org/spectra/PhotochemCAD/html/072.html>
35. Anonim. Struktur gugus *heme.jpg*. Diunduh dari: <http://http://id.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin> [diakses januari 2015]